

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



EP0019917

REC'D 15 AUG 2000  
WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 199 29 698.7

**Anmeldetag:** 29. Juni 1999

**Anmelder/Inhaber:** BBA Friction GmbH,  
Leverkusen/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zum Herstellen von Reibbelägen

**IPC:** F 16 D 69/00

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Anmeldung.**

München, den 06. Juli 2000  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Hiebinger



Patentanwälte Patent Attorneys  
VON KREISLER SELTING WERNER

Deichmannhaus am Dom  
D-50667 KÖLN

von Kreisler Selting Werner · Postfach  
P.O. Box 102241 · D-50462 Köln

BBA Friction GmbH  
Jägerstraße 1-25  
D-51375 Leverkusen

Patentanwälte  
Dr.-Ing. von Kreisler † 1973  
Dipl.-Chem. Alek von Kreisler  
Dipl.-Ing. Günther Selting  
Dipl.-Chem. Dr. Hans-Karsten Werner  
Dipl.-Chem. Dr. Johann F. Fues  
Dipl.-Ing. Georg Dallmeyer  
Dipl.-Ing. Jochen Hilleringmann  
Dipl.-Chem. Dr. Hans-Peter Jönsson  
Dipl.-Chem. Dr. Hans-Wilhelm Meyers  
Dipl.-Chem. Dr. Thomas Weber  
Dipl.-Chem. Dr. Jörg Helbing

Unser Zeichen:  
990417de/Da/ru

Köln,  
29. Juni 1999

Verfahren zum Herstellen von Reibbelägen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Reibbelägen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Das Pressen der Reibbeläge aus einer Reibmaterialmischung erfolgt in einer Presse in einem Preßvorgang mit mindestens einem Preßzyklus, wobei eine Pressensteuerung mehrere Prozeßparameter als Stellgrößen einzeln oder in Kombination zum Erreichen einer vorgegebenen Belageigenschaft der Reibbeläge steuert. Diese Belageigenschaft kann beispielsweise aus der Kompressibilität des Reibbelages, der Dichte, der E-Module in den Dreiraumkoordinaten, oder aus den Maßen des Reibbelages bestehen.

Qualitätsschwankungen der Reibmaterialmischung, Werkzeugverschleiß, Temperaturänderung im Preßwerkzeug, sowie Toleranzen der Pressensteuerung sind Störgrößen, die die Belageigenschaft der Reibbeläge erheblich beeinflussen können, selbst wenn alle übrigen Prozeßparameter konstant bleiben.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Herstellen von Reibbelägen zu schaffen, mit der Fehlproduktionen verringert werden und die Reproduzierbarkeit der Reibbelageigenschaften erhöht wird.

Zur Lösung dieser Aufgabe dienen die Merkmale des Anspruchs 1.

Die Erfindung sieht in vorteilhafter Weise vor, daß mindestens ein für die Belageigenschaft der Reibbeläge repräsentativer Kennwert in einem einzigen Preßzyklus oder in mehreren Preßzyklen gemessen wird, und daß die Prozeßparameter als Stellgrößen in Abhängigkeit mindestens eines repräsentativen gemessenen Kennwertes für den aktuellen Preßzyklus, für die nachfolgenden Preßzyklen und/oder nachfolgenden Preßvorgänge gesteuert werden.

Die Erfindung hat demzufolge zum Ziel, die Kennwerte während des Preßvorganges meßtechnisch zu erfassen und die so gewonnenen Daten zur unmittelbaren Steuerung der Presse heranzuziehen. Qualitätsschwankungen der Mischung, Werkzeugverschleiß, Temperaturänderung im Preßwerkzeug, sowie Toleranzen der Pressensteuerung können auf diese Weise in einem weiten Rahmen ausgeglichen werden, wodurch die Belageigenschaft als Regelgröße konstant gehalten werden kann. Auf diese Weise werden Fertigungsschwankungen hinsichtlich der Belageigenschaften minimiert und eine hohe Reproduzierbarkeit der Belagqualität erreicht. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht eine Verbesserung der Automatisierung des Produktionsprozesses, insbesondere in Verbindung mit einem Prozeßleitstand für eine Vielzahl von Pressen.

Als Stellgrößen können der Weg des Preßstempels, der Stempeldruck, die Preß- und Lüftungszeit und die Preßtemperatur einzeln oder in Kombination verwendet werden. Diese Prozeßparameter können an der Presse separat gemessen und von der Pressensteuerung gesteuert werden. Beispielsweise können der Stempeldruck, die Preß- und Lüftungszeit und die Preßtemperatur in Kombination innerhalb vorgegebener Grenzen nachgeregelt werden.

Weiterhin können als Stellgrößen die Zusammensetzung der Reibmaterialmischung, insbesondere der Harzgehalt der Reibmaterialmischung, und/oder die Menge der Reibmaterialmischung und/oder die Menge einer die Zwischenschicht bildenden Reibmaterialmischung verwendet werden. Auf diese Weise können Qualitätsschwankungen der Reibmaterialmischung und/oder die Einwaage der Reibmaterialmischung optimiert werden.

Der für die Belageigenschaft der Reibbeläge repräsentative Kennwert kann nach einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung aus einer sich bei Messung des Stempeldrucks in Abhängigkeit von dem Weg des Preßstempels ergebende Hystereseschleife eines oder hrerer Preßzyklen gewonnen werden.

Die Messung des Stempeldrucks beim Öffnen und Schließen des Preßwerkzeuges in Abhängigkeit von dem Weg des Preßstempels ergibt eine Hystereseschleife, deren Kennwerte in direkter Korrelation zur Belageigenschaft des gepreßten Reibbelages, insbesondere zur Kompressibilität des Reibbelages, stehen. Beispielsweise kann der Meßwert des Flächeninhaltes der Hystereseschleife als repräsentative Kennwert unmittelbar zur Pressensteuerung verwendet werden.

Alternativ kann der der repräsentative Kennwert aus dem Fließweg des Preßstempels nach Erreichen eines vorgegebenen maximalen Stempeldrucks sein. Bei Erreichen dieses vorgegebenen Stempeldrucks erfolgt eine Messung des ab diesem Zeitpunkt zurückgelegten weiteren Stempelweges bis zum Stillstand des Preßstempels.

Nach einer weiteren Alternative kann für die Belageigenschaft der Reibbeläge der Maximalwert des Stempelweges als repräsentativer Kennwert verwendet werden.

Der repräsentative Kennwert kann auch aus der Steigung des Entlastungskurvenabschnitts der sich bei Messung des Stempeldrucks

in Abhängigkeit von dem Weg des Preßstempels ergebenen Hystereseschleife sein.

Nach einem zweiten Ausführungsbeispiel kann der für die Belageigenschaft der Reibbeläge repräsentative Kennwert aus einer sich bei Messung des Stempeldrucks in Abhängigkeit von dem Radialdruck auf die Werkzeuginnenwand der Form ergebenden Hysteresekurve gewonnen werden.

Der Kennwert kann beispielsweise der Flächeninhalt dieser Hysteresekurve oder der Maximalwert des Radialdrucks auf die Werkzeuginnenwand der Form sein.

Desweiteren kann der repräsentative Kennwert aus der Druckdifferenz des Radialdrucks auf die Werkzeuginnenwand der Form nach Erreichen eines vorgegebenen maximalen Stempeldrucks bestehen.

Diese Druckdifferenz korreliert gut mit der Kompressibilität der Reibbeläge.

Generell kann der repräsentative Kennwert aus dem Steigungswert eines vorbestimmten Kurvenabschnitts der Hystereseschleife bestehen, die sich bei Messung des Stempeldrucks in Abhängigkeit von dem Weg des Preßstempels oder bei Messung des Stempeldrucks in Abhängigkeit von dem Radialdruck auf die Werkzeuginnenwand ergibt.

Es ist möglich, mit Hilfe der Messung der Ist-Preßzeit und der Messung des Radialdrucks auf die Werkzeuginnenwand in jedem Preßzyklus einen vorbestimmten Druckaufbau zeitlich zu regeln.

Durch die Messung der tatsächlichen Ist-Preßzeiten können die Soll-Preßzeiten exakt eingehalten werden. Abweichungen von Form zu Form und/oder von Presse zu Presse können individuell ausgeglichen werden, ebenso Abweichungen bezüglich des Druckaufbaus und der Betriebstemperatur der Presse.

Der Druckaufbau und die Druckentlastung der Hysteresekurve nach dem ersten und zweiten Ausführungsbeispiel kann durch zeitliche Steuerung des Stempeldrucks derart geregelt werden, daß die Steigung der Druckaufbaukurve und der Druckentlastungskurve annähernd gleich sind.

Über eine Temperaturmessung kann die Energieaufnahme der Reibmaterialmischung gemessen werden und das Temperaturmeßsignal zur Steuerung der Preßtemperatur als Stellgröße verwendet werden.

Alternativ kann die Strahlungswärme des nach dem Preßvorgang ausgestoßenen Reibbelages gemessen werden und dieses Temperaturmeßsignal zur Steuerung der Preßtemperatur als Stellgröße verwendet werden.

Nach einer weiteren Alternative kann die elektrische Heizleistung der Presse gemessen werden, wobei dieses Meßsignal die Preßtemperatur als Stellgröße steuert.

Hinsichtlich der Belageigenschaften kann als Regelgröße die Kompressibilität, die Dichte, die E-Module in den drei Raumkoordinaten oder die Maße des Reibbelages oder eine Kombination der vorgenannten Belageigenschaften verwendet werden.

Das vorgenannte Verfahren eignet sich auch als Prüfverfahren für Reibbelagmischungen. Auf diese Weise kann die Reproduzierbarkeit der Reibmaterialqualität vor dem Verpressen überprüft werden und die Reibmaterialmischung ggf. korrigiert werden.

Im folgenden werden unter Bezugnahme auf die Zeichnungen Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung der Form in einer Presse,

Fig. 2 einen Preßzyklus gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel, wobei der Stempeldruck in Abhängigkeit vom Stempelweg aufgezeichnet ist,

Fig. 3 die Korrelation zwischen der Kompressibilität des Reibbelages und der Fläche der Stempeldruckkurve gemäß Fig. 2,

Fig. 4 ein Preßzyklus gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel, bei dem der Stempeldruck in Abhängigkeit von dem Radialdruck aufgezeichnet ist, und

Fig. 5 die Korrelation zwischen der Kompressibilität des Reibbelages in Abhängigkeit von seinem Fließverhalten wie in Fig. 4 ersichtlich.

Fig. 1 zeigt schematisch die Preßform einer Presse mit einer Heizplatte 2, einer Matrize bzw. Werkzeug 4 und einem in dem Werkzeug beweglichen Preßstempel 8. Die Reibmaterialmischung 6, in der von dem Werkzeug 4 umgebenen Preßform wird durch den mit einer vorbestimmten Stempelkraft  $F_{st}$  zugestellten Preßstempel 8 verdichtet, wobei die Heizplatte 2 mit einer Verschlußkraft  $F_H$  und die Matrize 4 mit einer Niederhaltekraft  $F_N$  gegeneinander gedrückt werden. An dem Werkzeug 4 können der von der Reibmaterialmischung 6 ausgeübte Radialdruck beispielsweise als Normalkraft auf die Werkzeuginnwand sowie die Temperatur der Reibmaterialmischung gemessen werden.

Die Pressensteuerung kann zumindest folgende Prozeßparameter als Stellgrößen steuern: Stempelweg  $S_{st}$ , Stempeldruck (Stempelkraft  $F_{st}$ ), Preß- und Lüftungszeit und Preßtemperatur.

Diese Stellgrößen werden außerdem zwecks Einhaltung der Sollwerte gemessen. Außerdem wird der in der Preßform herrschende Radialdruck beim Pressen erfaßt.

Weiterhin können als Stellgrößen unter anderem der Harzgehalt der Reibmaterialmischung 6 und/oder die Menge der Einwaage der Reibmaterialmischung 6 verändert werden.

Während des Preßvorgangs werden wichtige Prozeßparameter meßtechnisch erfaßt und zusätzlich der sich in der Preßform ergebende Radialdruck gemessen.

Die Prozeßsteuerung soll mit einem für die Belageigenschaft der Reibbeläge repräsentativen Kennwert erfolgen, der in einem ersten Preßzyklus oder in mehreren Preßzyklen eines Preßvorganges gemessen wird. Unter einem Preßvorgang wird das Verpressen der Reibmaterialmischung zu einem Reibbelag verstanden, wobei dieser Preßvorgang aus einem oder mehreren Preßzyklen bestehen kann, die mit einer Lüftungszeit von einander getrennt sind. Jeder Preßzyklus besteht aus einer Druckaufbauphase, einer Haltephase in der ein bestimmter Stempeldruck aufrechterhalten wird und einer Druckentlastungsphase.

Die während eines Preßzyklus ermittelten Meßwerte der Prozeßparameter und des Radialdrucks werden der Pressensteuerung zugeführt, die die als Stellgrößen verwendeten Prozeßparameter unmittelbar für den nächsten Preßzyklus verändern kann.

Alternativ werden die Meßdaten einer vorbestimmten Anzahl von Preßzyklen oder Preßvorgänge gesammelt und insgesamt, z.B. durch Mittelwertbildung, zur Pressensteuerung verwendet. Alle Meßdaten können auch zur Erstellung von auf den Kennwert bezogenen Kennfeldern gespeichert werden, um den Einfluß unterschiedlicher Stellgrößen auf einen Kennwert zu erfassen. Diese Kennfelder können dann verwendet werden, um beispielsweise mehrere Stellgrößen gleichzeitig zu verändern und die Pressensteuerung zu optimieren.

In einem ersten Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, daß der für die Belageigenschaft der Reibbeläge repräsentative Kennwert aus

einer sich bei Messung des Stempeldrucks in Abhängigkeit von dem Weg des Preßstempels ergebenden Hysteresekurve eines oder mehrerer Preßzyklen gewonnen wird.

In Fig. 2 ist die Abhängigkeit des Stempeldrucks von dem Stempelweg  $S_{st}$  Stempeldruck berechnet sich dabei aus der Stempelkraft  $F_{st}$  und der Stempelfläche. Die Meßwerte über Stempeldruck und Stempelweg beim Öffnen und Schließen des Preßwerkzeuges ergeben eine Hysteresekurve. Der Flächeninhalt  $SA_1$  der Hysteresekurve, der Fließweg  $SF_1$ , die Steigung der Entlastungskurve  $ST_1$  und der Maximalwert des Stempelweges  $SW_1$  können unmittelbar als Kennwerte zur Pressensteuerung herangezogen werden, zumal alle Meßwerte unmittelbar nach einem Preßvorgang zur Verfügung stehen und eine enge Korrelation zu den konstant zu haltenden Belageigenschaften aufweisen.

Fig. 3 zeigt beispielsweise die Korrelation zwischen der Kompressibilität als Belageigenschaft des Reibbelages und der Fläche  $SA_1$  der Stempeldruckkurve gemäß Fig. 2. Der Korrelationskoeffizient beträgt 0,7, so daß die Fläche  $SA_1$  ein geeigneter repräsentativer Kennwert zur Regelung der Kompressibilität ist. Die Presse kann auf diese Weise hinsichtlich Druckaufbau und Druckentlastung, Preß- und Lüftungszeit und Preßtemperatur so gesteuert werden, daß eine hohe Reproduzierbarkeit der Belageigenschaften erreicht wird.

Nach einem zweiten Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, daß der für die Belageigenschaft der Reibbeläge repräsentative Kennwert aus einer sich bei Messung des Stempeldrucks in Abhängigkeit von dem Radialdruck auf die Werkzeuginnenwand der Preßform ergebenen Hysteresekurve eines oder mehrerer Preßzyklen gewonnen wird.

Fig. 4 zeigt den Druckverlauf in einem Preßzyklus beim Öffnen und anschließendem Schließen des Preßwerkzeuges, wobei der Stempeldruck in Abhängigkeit von dem Radialdruck auf die Werkzeuginnenwand aufgetragen ist. Es ergibt sich wiederum eine Hysterese-

kurve, deren Fläche mit  $MA_1$  gekennzeichnet ist. Wie aus dem Diagramm ersichtlich, wird der Stempeldruck bis auf einen Wert von knapp über 20 MPa aufgebaut und anschließend für eine vorgegebene Zeitspanne konstant gehalten. Während dieser Zeit erhöht sich dennoch der Radialdruck bis zu einem Höchstwert  $MP_1$ . Die Druckdifferenz  $MF_1$  des Radialdrucks bei konstantem Stempeldruck wird gemessen, wobei dieser Meßwert auch charakteristisch für das Fließverhalten der Reibmaterialmischung ist.

In Fig. 5 ist die Kompressibilität des Reibbelages in Abhängigkeit von der Druckdifferenz  $MF_1$  aufgetragen. Aus dem Diagramm ist ersichtlich, daß die Messung der Druckdifferenz  $MF_1$  des Radialdrucks eine befriedigende Korrelation zur Kompressibilität des Reibbelages aufweist. Der Korrelationskoeffizient, der in Fig. 5 gezeigten Versuchsreihe beträgt 0,6. Somit ist auch die Druckdifferenz  $MF_1$  ein geeigneter repräsentativer Kennwert.

Der Radialdruck auf die Werkzeuginnenwand resultiert aus dem viskoelastischen Eigenschaften der Reibmaterialmischung. Die Messung des Radialdrucks gibt Auskunft über die Fließfähigkeit und über den Vernetzungsverlauf der verpreßten Reibmaterialmischung. Aus diesen Messungen können Rückschlüsse auf den Harzgehalt, die Art des verwendeten Harzes, die Homogenität und dem Feuchtegrad der Reibmaterialmischung gezogen werden, so daß durch auch eine Mischungskontrolle erfolgen kann. Bei einer Abweichung des Radialdrucks von einem vorgegebenen Sollwert kann die Pressensteuerung beispielsweise die Lüftungsphasen zwischen zwei Preßzyklen eines Preßvorganges verändern. Diese Lüftungsphasen sind zwischen mindestens zwei Preßzyklen vorgesehen, wenn das Pressen mehrstufig erfolgt.

Durch eine geeignete Anordnung von Temperatursensoren in der Form kann die Energieaufnahme des Preßlings exakter erfaßt werden und die Meßwerte zu einer präziseren Heizungssteuerung verwendet werden. Alternativ kann die Strahlungswärme des aus der Preßform ausgestoßenen Reibbelages gemessen werden, wobei die

Höhe der Temperatur und die Temperaturverteilung ein Maß für den korrekten Wärmeübergang in die Reibmaterialmischung ist. Auch diese Meßwerte sind geeignet, eine präzisere Heizungssteuerung durchzuführen.

Die beispielhaft in den Fign. 3 und 5 wiedergegebene Abhängigkeit der Regelgröße von dem repräsentativen Kennwert ist ebenso wie die Abhängigkeit des repräsentativen Kennwertes von einer der Stellgrößen in der Pressensteuerung gespeichert. Ist demzufolge eine Abweichung hinsichtlich der Belageigenschaft als Regelgröße feststellbar, kann die Pressensteuerung mit Hilfe von Algorithmen, die die Abhängigkeit des repräsentativen Kennwertes von den Stellgrößen wiedergeben, die Steuerung der Stellgrößen in einer Weise ausführen, daß eine hohe Reproduzierbarkeit der Belageigenschaft erzielbar ist.

Selbstverständlich können mehrere Stellgrößen simultan geändert werden, um den repräsentativen Kennwert auf einen gewünschten Wert hinzuführen. In diesem Fall sind in der Pressensteuerung mehrdimensionale Kennfelder gespeichert, die die Abhängigkeit des repräsentativen Kennwert von mehreren Stellgrößen enthalten und somit eine Optimierung des Preßprozesses ermöglichen. Für die Stellgrößen sind dann jeweils vorgegebene Einstellbandbreiten vorgegeben, so daß die Pressensteuerung durch die simultane Steuerung mehrerer Stellgrößen eine Optimierung des Preßvorgangs ausführen kann, ohne Extremwerte innerhalb der Einstellbandbreite der Stellgrößen auszuwählen.

Schließlich besteht auch die Möglichkeit, die Kennfelder, die die Abhängigkeit der repräsentativen Kennwerte von den Stellgrößen wiedergeben, in einem Lernzyklus ständig zu erneuern, indem die während des Pressens mit einem bestimmten Werkzeug und einer bestimmten Reibmaterialmischung festgestellten Meßwerte gespeichert werden.

Die in den Fign. 2 und 4 dargestellten Kennwerte SA1, SF1, SW1, ST1 bzw. MA1, MF1 und MP1 beziehen sich auf einen ersten Preßzyklus. Diese Kennwerte eines ersten Preßzyklus können einzeln oder in Kombination unmittelbar zur Pressensteuerung verwendet werden. Es ist aber auch möglich, die Kennwerte SA1 bis SAn, SF1 bis SFn, SW1 bis SWn, MA1 bis Man, MF1 bis MFn, und MP1 bis MPn mehrerer Preßzyklen zusammenzufassen, um den Preßprozeß zu regeln. Bevorzugt werden die bei jedem Preßzyklus anfallenden Kennwerte unmittelbar zur Korrektur der in den vorherigen Preßzyklus verwendeten Stellgrößen eingesetzt.

Das Verfahren ermöglicht es, eine Presse im Bereich ihrer Leistungsgrenze zu betreiben, die Preßzeiten zu verkürzen, die Auschußmenge zu verringern und dabei die Reproduzierbarkeit der Belagqualität zu erhöhen. Ein wesentlicher Aspekt ist dabei, daß Schwankungen der Reibbelagmischung durch die vorgeschlagene Prozeßregelung ausgeglichen werden können. Das Verfahren ermöglicht es ferner mehrere Pressen mit Hilfe einer Prozeßleitstandes zu betreiben.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von Reibbelägen mit oder ohne Zwischenschicht durch Pressen der Reibmaterialmischungen in einer Form einer Presse in einem Preßvorgang mit mindestens einem Preßzyklus,  
mit einer Pressensteuerung, die mehrere Stellgrößen einzeln oder in Kombination zum Erreichen einer vorgegebenen Belageigenschaft (Regelgröße) der Reibbeläge steuert,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß mindestens ein für die Belageigenschaft der Reibbeläge repräsentativer Kennwert in einem ersten Preßzyklus oder in mehreren Preßzyklen gemessen wird, und daß die Stellgrößen in Abhängigkeit des mindestens einen gemessenen Kennwertes für den aktuellen Preßzyklus, für die die nachfolgenden Preßzyklen und/oder für die nachfolgenden Preßvorgänge gesteuert werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Stellgrößen der Weg des Preßstempels, der Stempeldruck, die Preß- und Lüftungszeit und die Preßtemperatur einzeln oder in Kombination verwendet werden.
- Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als zusätzliche Stellgrößen die Zusammensetzung der Reibmaterialmischung, insbesondere der Harzgehalt der Reibmaterialmischung, und/oder die Menge der Reibmaterialmischung und/oder die Menge einer die Zwischenschicht bildenden Reibmaterialmischung verwendet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der für die Belageigenschaft der Reibbeläge repräsentative Kennwert aus einer sich bei Messung des Stempeldrucks in Abhängigkeit von dem Weg des Preßstempels ergeben-

den Hysteresekurve eines oder mehrerer Preßzyklen gewonnen wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Kennwert der Flächeninhalt ( $SA_1, \dots, SA_n$ ) der Hysteresekurve ist.
6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Kennwert der Fließweg des Preßstempels ( $SF_1, \dots, SF_n$ ) nach Erreichen eines vorgegebenen maximalen Stempeldrucks ist.
7. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Kennwert der Maximalwert ( $SW_1, \dots, SW_n$ ) des Stempelweges ist.
8. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Kennwert die Steigung des Entlastungskurvenabschnitts ( $ST_1, \dots, ST_n$ ) ist.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der für die Belageigenschaft der Reibbeläge repräsentative Kennwert aus einer sich bei Messung des Stempeldrucks in Abhängigkeit von dem Radialdruck auf die Werkzeuginnenwand der Preßform ergebenden Hysteresekurve eines oder mehrerer Preßzyklen gewonnen wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Kennwert der Flächeninhalt ( $MA_1, \dots, MA_n$ ) der Hysteresekurve ist.
11. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Kennwert der Maximalwert ( $MP_1, \dots, MP_n$ ) des Radialdrucks auf die Werkzeuginnenwand der Form ist.
12. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Kennwert die Druckdifferenz ( $MF_1, \dots, MF_n$ ) des Radialdrucks

auf die Werkzeuginnenwand der Form nach Erreichen eines vorgegebenen maximalen Stempeldrucks ist.

13. Verfahren nach Anspruch 4 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Kennwert die Steigung eines vorbestimmten Kurvenabschnitts der Hystereseschleife ist.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß mit Hilfe der Messung der Ist-Preßzeit und der Messung des Radialdrucks auf die Werkzeuginnenwand in dem ersten Preßzyklus oder in jedem Preßzyklus ein vorbestimmter Druckaufbau und Druckabbau zeitlich geregelt wird.
15. Verfahren nach Anspruch 4 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckaufbau und die Druckentlastung der Hysteresekurve durch zeitliche Steuerung des Stempeldrucks derart geregelt wird, daß die Steigungen der Druckaufbaukurve und der Druckentlastungskurve annähernd gleich sind.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Energieaufnahme der Reibmaterialmischung über eine Temperaturmessung in der Preßform gemessen wird und das Temperaturmeßsignal die Preßtemperatur als Stellgröße steuert.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlungswärme des nach dem Preßvorgang ausgestoßenen Reibbelages gemessen wird und das Temperaturmeßsignal die Preßtemperatur als Stellgröße steuert.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Heizleistung der Presse gemessen wird, und daß das Meßsignal die Preßtemperatur als Stellgröße steuert.

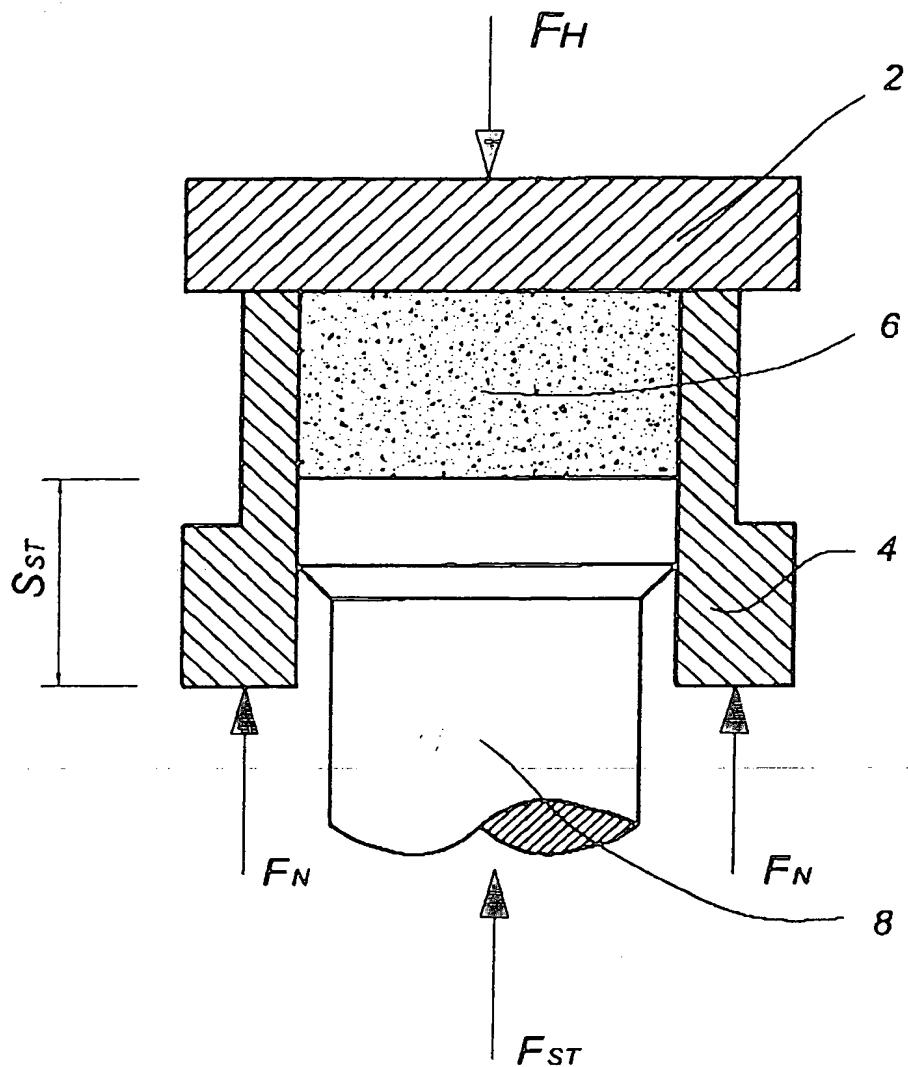
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß als Regelgröße die Kompressibilität, die Dichte, die E-Module in den drei Raumkoordinaten, die Maße des Reibbelages oder eine Kombination der vorgenannten (Belageigenschaften) verwendet werden.
20. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 19 als Prüfverfahren für Reibbelagmischungen.

## **Zusammenfassung**

### Verfahren zum Herstellen von Reibbelägen

Bei einem Verfahren zum Herstellen von Reibbelägen mit oder ohne Zwischenschicht durch Pressen der Reibmaterialmischungen in einer Form einer Presse in einem Preßvorgang mit mindestens einem Preßzyklus, mit einer Pressensteuerung, die mehrere Stellgrößen einzeln oder in Kombination zum Erreichen einer vorgegebenen Belageigenschaft (Regelgröße) der Reibbeläge steuert, ist vorgesehen, daß mindestens ein für die Belageigenschaft der Reibbeläge repräsentativer Kennwert in einem ersten Preßzyklus oder in mehreren Preßzyklen gemessen wird, und daß die Stellgrößen in Abhängigkeit des mindestens einen gemessenen Kennwertes für den aktuellen Preßzyklus, für die die nachfolgenden Preßzyklen und/oder für die nachfolgenden Preßvorgänge gesteuert werden.

(Fig. 1)



-1/4-

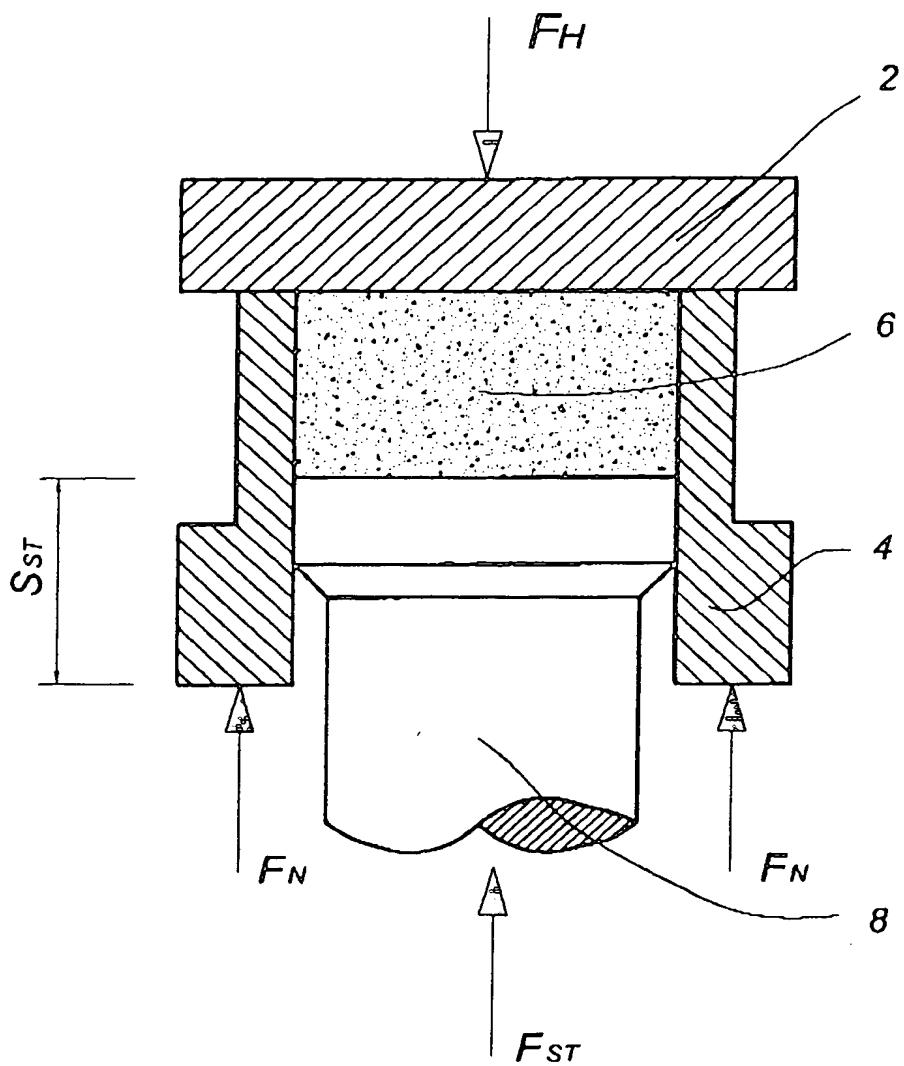


FIG. 1

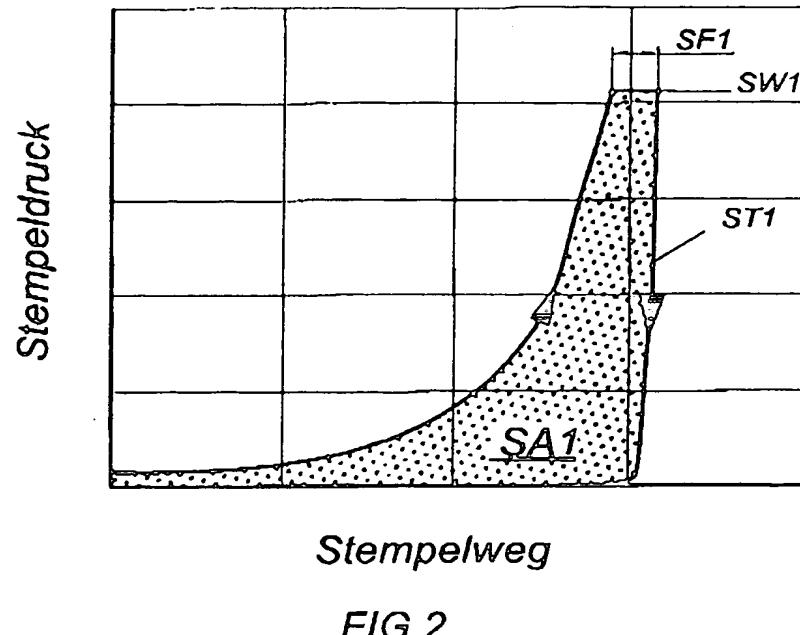


FIG.2

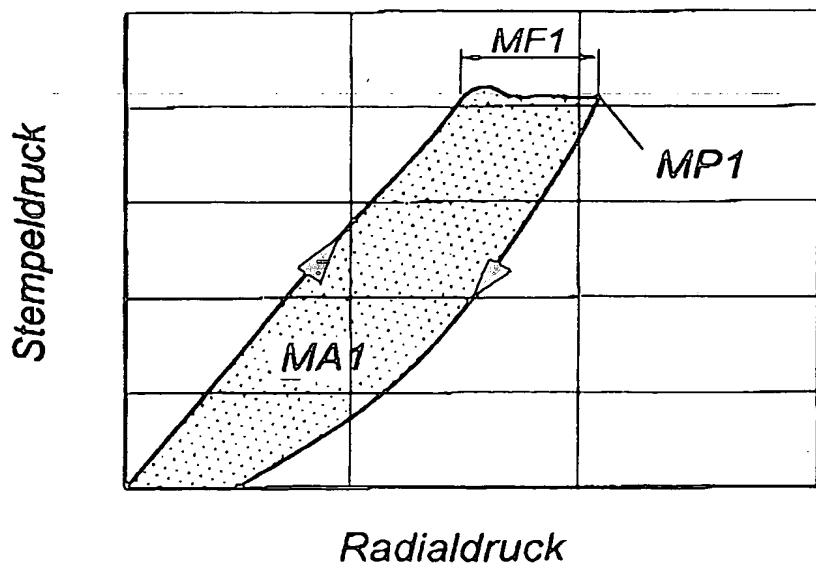
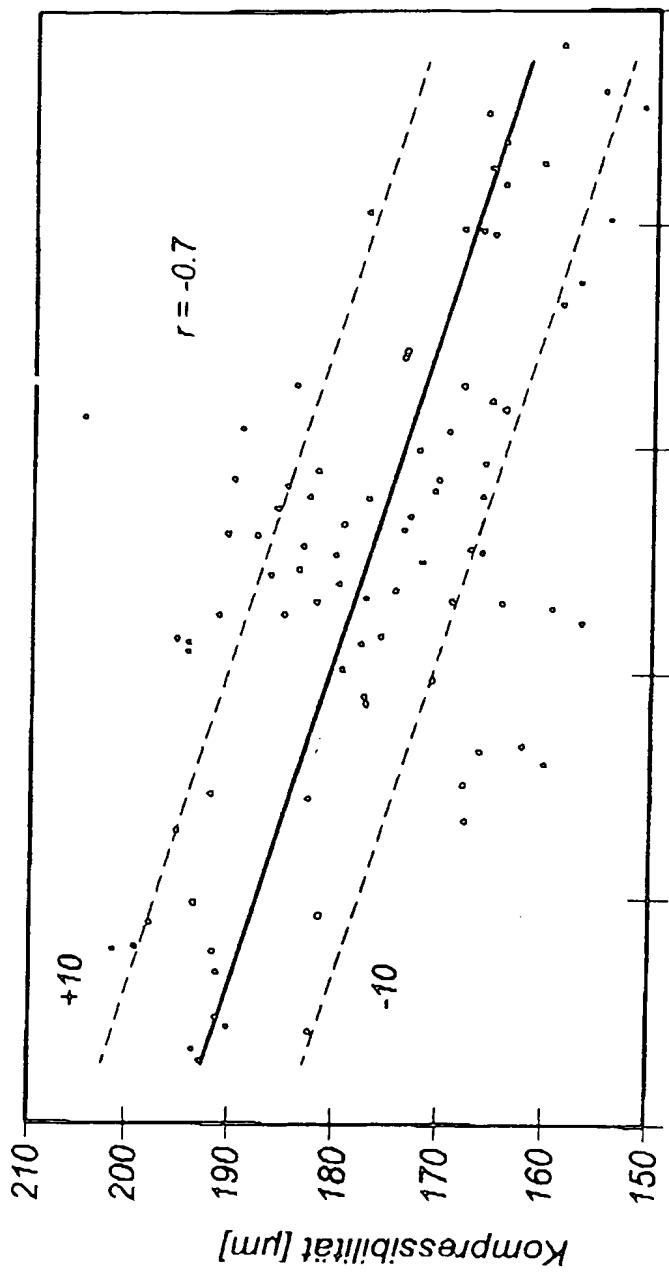


FIG.4



Fläche der Stempeldruckkurve SA1

FIG. 3

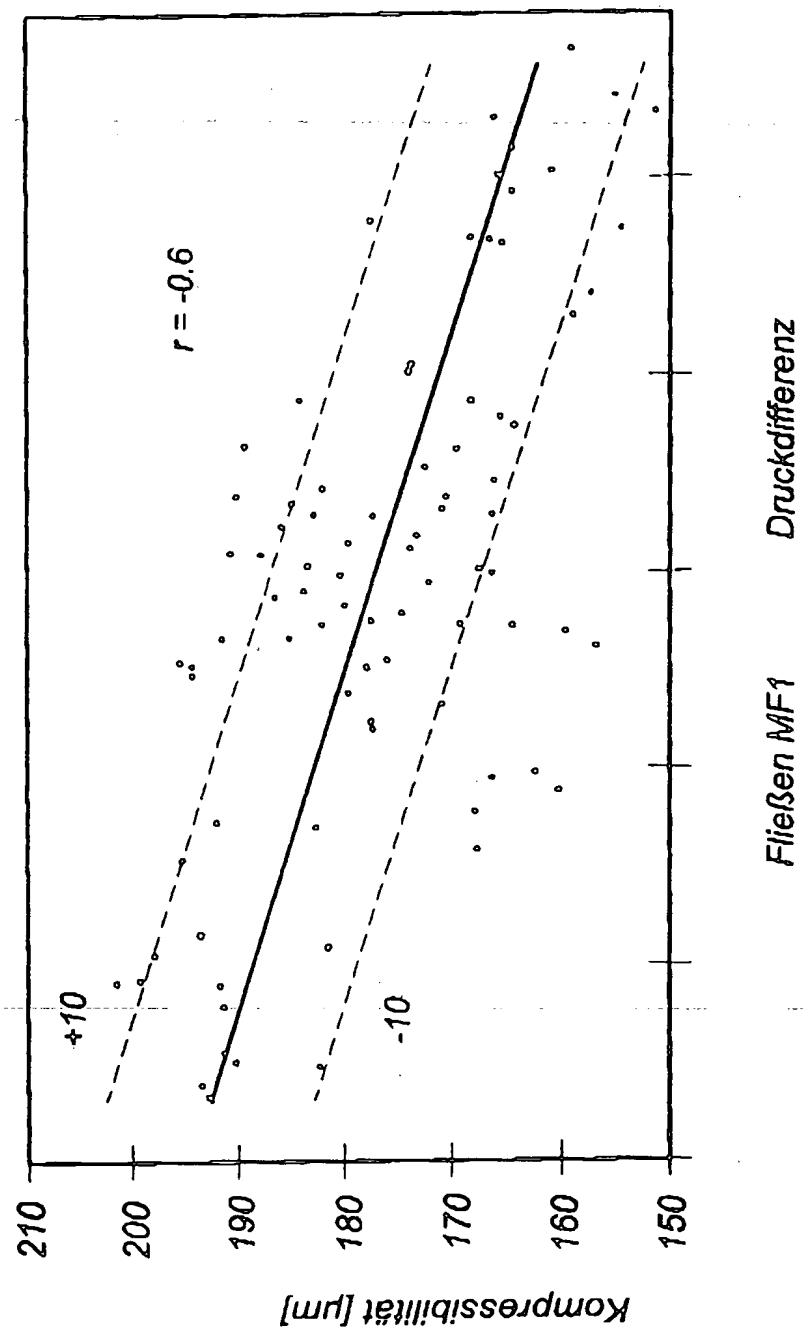


FIG. 5